

Nota de aceptación

Director del programa

Jurado

Jurado



UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA

**INSECTOS ACUÁTICOS ASOCIADOS A ARROYOS INTERMITENTES DE LA
SERRANIA DE LA MACUIRA, GUAJIRA- COLOMBIA**

CATALINA PÉREZ RODRÍGUEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Biólogo

DIRECTOR

MSc. GUSTAVO ADOLFO MANJARRES GARCIA

CODIRECTOR

Dr. CESAR E. TAMARIS TURIZO

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y ECOLOGÍA APLICADA
(GIBEA)**

SANTA MARTA D.T.C.H

2018

A Dios, mi principal apoyo y mi motor de vida.

*A mi madre Rocio Rodríguez por todos los sacrificios hechos para lograr hacer de mi
alguien de provecho.*

A mi Padre Jaime Solano, por creer en mí. No fui de ti, pero hoy soy por ti.

*A la luz de mi vida, mi abuela querida, a toda mi familia y mis seres amados por todo el
apoyo brindado. Gracias por creer en mí.*

*A mi amigo Luis Miguel Utria quien partió muy pronto, donde quiera que estés, esto
también es para ti.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida y con seguridad me permitirá gozar de los frutos de años de estudio, por ser mi guía y mi principal apoyo en los momentos más difíciles.

A Parques Nacionales Naturales, A Gustavo Manjarres padre y Gustavo Manjarres hijo por haberme permitido utilizar las muestras y por haber depositado su confianza en mi para sacar adelante este trabajo de investigación y por toda la asesoría dada para hacer de este proyecto una realidad.

Al Profesor Cesar Tamaris Turizo, por sus consejos, su apoyo incondicional, su asesoría y toda la dedicación brindada, infinitas gracias.

Agradezco al Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA) por adoptarme, brindarme el apoyo y todas las herramientas necesarias en cada etapa de este proyecto. A mis compañeros y amigos Melizza Tobias, Lizhet Figueroa, Mario Bejarano y al profesor Daniel Serna por la ayuda en la identificación de los individuos, gracias por creer en mí.

A la Universidad del Magdalena por brindarme sus instalaciones y equipos.

Y a cada una de las personas que me brindaron su apoyo y contribución en cada momento de mi carrera.

¡INFINITAS GRACIAS!

Noviembre/2018

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS.....	3
3. OBJETIVOS	4
General	4
Específicos	4
4. METODOLOGIA	4
4.1. Área de estudio	4
4.2. Toma de muestras	5
4.3 Fase de laboratorio	6
4.4 Fase de análisis	6
Composición de insectos acuáticos en los arroyos	7
Análisis de conglomerados	12
Aplicación del índice BMWP/ COL	13
6. DISCUSIÓN	14
7. CONCLUSIONES	16
8. BIBLIOGRAFIA.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona y los sitios de muestreo, Serranía de la Macuira. Tomado y modificado de Google Earth Pro.

Figura 2. Sitio de muestreo Mekijanoü y toma de muestras por parte de la Unidad de Parques Naturales Nacionales.

Figura 3. Abundancia de órdenes de insectos acuáticos, en los arroyos Mekijanoü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmalaiüü y Kajashiwoü de la Serranía de la Macuira, Guajira Colombia.

Figura 4. Abundancia de los géneros en el arroyo Mekijanoü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Figura 5. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Chaamaalüü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Figura 6. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Kanewerü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Figura 7. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Mmalaiüü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Figura 8. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Kajashiwoü Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Figura 9. Análisis de Similitud.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Presencia de insectos acuáticos asociados a cinco arroyos intermitentes de la Serranía de la Macuira, Guajira Colombia.

Tabla 2. Estado de la calidad del agua en cinco arroyos de la Serranía de la Macuira.

RESUMEN

Los insectos acuáticos tienen gran importancia en los ecosistemas acuáticos fluviales debido a su alta abundancia y diversidad. En este trabajo se estudiaron los ensamblajes de insectos acuáticos en La Macuira, norte de La Guajira colombiana. En esta zona se seleccionaron cinco arroyos intermitentes como sitios de muestreo, conocidos como Mekijanoü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmaläüü y Kajashiwoü. En el mes de junio del 2015 se muestreó con red Surber durante cinco minutos, mediante la remoción del sustrato en contra corriente; además, se tomaron muestras de hojarasca manualmente (aprox 500g). Todas las muestras recolectadas en cada sitio se integraron para conformar una muestra compuesta. Los organismos se guardaron en bolsas plásticas y se preservaron con etanol al 90%. En laboratorio, las muestras se limpiaron y se identificaron hasta el nivel más detallado posible. Se colectaron en total 545 individuos agrupados en 25 géneros de insectos acuáticos distribuidos en 19 familias y 7 órdenes. El arroyo Mekijanoü presentó la mayor abundancia (411 individuos) y riqueza de géneros en el que predominó la presencia del género *Heterelmis* (Coleoptera: Elmidae). Por otra parte, el arroyo que presentó la menor abundancia de insectos acuáticos fue Kajashiwoü (20 individuos) lo cual podría ser consecuencia de la formación de pozos y la poca conectividad entre estos. Se aplicó el índice BMWP/Col para determinar la calidad del agua de cada uno de los arroyos. Los valores del índice oscilaron entre 41 y 87, lo cual indica que cuatro de los cinco arroyos presentaron una posible moderada contaminación y solo uno se encontraba ligeramente contaminado. Se registran por primera vez para la Serranía de la Macuira los géneros *Heterelmis* (Coleoptera: Elmidae), *Corydalus* (Megaloptera: Corydalidae), *Rhagovelia* (Hemiptera: Vellidae), *Mayobaetis* (Baetidae: Ephemeroptera), *Tholymis* (Libellulidae: Odonata) y *Mecistogaster* (Coenagrionidae: Odonata).

Palabras claves: Insectos acuáticos, Calidad del agua, abundancia, riqueza, Serranía de la Macuira.

ABSTRACT

Aquatic insects are of great importance in river aquatic ecosystems due to their high abundance and diversity. In this work we studied the assemblages of aquatic insects in the Macuira, north of the Colombian Guajira. Five intermittent streams were selected in this area as sampling sites, known as Mekijanoü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmaläüü and Kajashiwoü. In the month of June 2015 was shown with red Surber for five minutes, by removing the substrate against current; In addition, leaf litter samples were taken manually (approx. 500g). All samples collected at each site were integrated to form a composite sample. The organisms were stored in plastic bags and were preserved with ethanol at 90%. In the laboratory, the samples were cleaned and identified to the most detailed level possible (genus and subfamilies in the case of Chironominae) were collected in total 545 individuals grouped in 25 genera of aquatic insects distributed in 19 families and 7 Orders. Arroyo Mekijanoü presented the greatest abundance (411 individuals) and richness of genres in which the presence of the genus *Heterelmis* (Elmidae) Predominated. On the other hand, the stream that presented the least abundance of aquatic insects was Kajashiwoü (20 individuals) which could be a consequence of the formation of wells and the little connectivity between Them. The BMWP/Col index was applied to determine the water quality of each of the Streams. The BMWP/Col index was applied to determine the water quality of each of the Streams. The index values ranged from 41 to 87, indicating that four of the five streams presented a possible moderate contamination and only one was slightly contaminated. They are registered for the first time for the Serranía de la Macuira: the genera *Heterelmis* (Coleoptera: Elmidae), *Corydalis* (Megaloptera: Corydalidae), *Rhagovelia* (Hemiptera: Vellidae), *Mayobaetis* (Baetidae: Ephemeroptera), *Tholymis* (Libellulidae: Odonata) and *Mecistogaster* (Coenagrionidae: Odonata).

Key words: aquatic insects, water quality, abundance, richness, serranía of the Macuira.

1. INTRODUCCION

Los macroinvertebrados acuáticos han sido uno de los grupos biológicos más estudiados en los cuerpos de agua dulce debido a su abundancia, diversidad e importancia como indicadores (Barragán *et al.*, 2017) considerándose el principal componente animal de los sistemas lóticos (Castellanos & Serrato, 2008) y un eslabón clave en la dinámica y el flujo de energía de los sistemas acuáticos debido a que al ser un componente tan diverso y con un gran número de nichos aporta gran cantidad de energía a los demás niveles tróficos (Rivera-Usme *et al.*, 2008).

La distribución de los insectos acuáticos depende principalmente de las condiciones físicas y químicas del agua, la disponibilidad y heterogeneidad del hábitat y de sus fuentes alimenticias (Domínguez & Fernández, 2009). La estructura de las comunidades de insectos acuáticos por lo general está determinada por el gradiente altitudinal y los recursos presentes a lo largo de los sistemas lóticos (Riaño *et al.*, 1993). Es por esto que se considera que cumplen un gran papel en los procesos de descomposición y flujo de nutrientes dentro de dichos ecosistemas (Chará -Serna & Zúñiga, 2010) transformando la materia orgánica disponible en el medio, como fuente alimenticia para organismos superiores y como indicadores biológicos de los sistemas acuáticos.

A nivel mundial los insectos acuáticos han sido estudiados en menor proporción con respecto a otros grupos taxonómicos (Rivera- Usme *et al.*, 2008). No obstante, las investigaciones realizadas sobre este grupo brindan información valiosa dentro de los cuales se destacan claves para la identificación de macroinvertebrados acuáticos suramericanos (Domínguez & Fernández 2009). En Colombia se destacan trabajos como los desarrollados por Roldán (1988), quien realizó una descripción de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia, una guía de mucha importancia, convirtiéndose en base para nuevas investigaciones a nivel nacional. Camacho-Pinzón & Molano-Rendón (2005) realizaron una lista de los insectos acuáticos presentes en el departamento del Quindío. Rivera- Usme *et al.*, (2008) estimaron la estructura numérica de la entomofauna acuática de ocho ríos pertenecientes al departamento del Quindío, en el cual observaron que el orden más abundante fue Trichoptera seguido del orden Coleoptera, concluyendo mediante diferentes

análisis fisicoquímicos y de estructura que las quebradas presentaban un buen nivel de conservación. Zúñiga *et al.*, (2014) generó nuevos registros de insectos acuáticos presentes en los sistemas lóticos de la isla de Gorgona, aproximándose aún más a la taxonomía de algunos grupos, especialmente en los órdenes Ephemeroptera y Plecoptera. Recientemente Lasso & Granados-Martínez (2015) realizaron la primera descripción de la fauna acuática de la serranía de la Macuira, en donde se observó que dentro del filo Arthropoda dominaron los Odonata, Ephemeroptera y Diptera debido a que presentaron las mayores abundancias con respecto a los demás grupos.

Los estudios y seguimientos enfocados en la calidad de los cuerpos de agua se basan principalmente en los análisis de parámetros fisicoquímicos, complementado con el uso de métodos biológicos que reflejan las condiciones existentes del sistema a partir de la presencia de los organismos que poseen ciertos límites de tolerancia a las perturbaciones y las alteraciones en los ecosistemas dulceacuícolas (Álvarez, 2005).

Entre los índices más utilizados para evaluar la calidad de los cuerpos de agua se encuentran los métodos biológicos de medida de tolerancia como el BMWP (Biological Monitoring Working Party), el cual usa valores de tolerancia de los taxones (a nivel de familias) e incluye la riqueza de estas (Arango *et al.*, 2008), clasificando los lugares evaluados en cinco categorías a partir del uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores biológicos. Roldán en el (2003) modificó este índice para Colombia (BMWP/Col), el cual es una aproximación al momento de evaluar la calidad de los ecosistemas fluviales (Sánchez, 2005). Uno de los usos más relevantes de los insectos acuáticos ha sido como indicadores de la calidad del agua, debido a su sensibilidad a los cambios ambientales, hecho que los convierte en “piezas claves” en la dinámica de los ecosistemas acuáticos en estudios de bioindicación (Rivera-Usme *et al.*, 2008).

La Serranía de la Macuira se encuentra dentro del resguardo indígena Wayüü ubicado en la península de la Guajira, cubre cerca de 25.000 hectáreas. Los picos de las montañas localizadas en este macizo exhiben abundante niebla acumulada producto de los vientos alisios del nordeste, que al pasar por el mar Caribe se cargan de humedad y al momento de llegar a la serranía son captados por la achaparrada vegetación que incluye cerca de 350 especies dentro de las que se encuentran los helechos y bromelias, todas con la capacidad de

almacenar agua captada a partir de la niebla (UAESPNN, 2011). Esta vegetación está constituida principalmente por bosques de niebla a una altitud de 500 m, por lo que la categorizan como uno de los paisajes ecosistémicos más únicos de Colombia (Castellano *et al.*, 2011).

La Serranía de la Macuira se encuentra en una zona semiárida, con periodos de lluvia y sequía y por tanto cuerpos de agua intermitentes (Pérez & Restrepo, 2008). El bosque localizado en esta Serranía se caracteriza por su alta humedad, su vegetación típica y su localización (a cinco kilómetros del desierto). Por tal motivo, ha sido denominada una isla en medio de una zona desértica. Estas características convierten a la Serranía de la Macuira en un ecosistema particular, siendo fue categorizada como Reserva Natural y Área de Importancia para la Conservación de Aves AICAS (UAESPNN, 2011).

Los insectos acuáticos son el grupo de macroinvertebrados más dominantes dentro de los ecosistemas dulceacuícolas, cumplen un papel muy importante como indicadores de la calidad del agua debido a su grado de tolerancia a las perturbaciones ambientales, son un importante eslabón en la dinámica y flujo de energía debido a que son piezas claves en las cadenas tróficas, además por su potencial como bioindicador, al conocer su diversidad podemos tener una idea de la calidad ecológica del recurso hídrico.

Por lo tanto, el presente trabajo pretende resolver la siguiente pregunta de investigación:

¿Cambia es el ensamblaje de insectos acuáticos y la calidad del agua de la parte baja de cinco arroyos intermitentes en la Serranía de la Macuira, Guajira colombiana?

2. HIPOTESIS

Debido a que se muestrearon los tramos de la parte baja de cinco arroyos intermitentes de la Serranía de la Macuira los cuales presentaron poca variabilidad en sus características ambientales (físicas e hidrológicas), la estructura del ensamblaje (composición y abundancia) de insectos acuáticos y la calidad de las aguas serán similares entre los arroyos.

3. OBJETIVOS

General

Evaluar el ensamblaje de insectos acuáticos y la calidad del agua presentes en cinco arroyos intermitentes de la Serranía de la Macuira (La Guajira colombiana).

Específicos

- ✓ Determinar la composición de los insectos acuáticos a partir de la identificación taxonómica.
- ✓ Comparar la composición de los insectos acuáticos presentes en los arroyos evaluados.
- ✓ Analizar la calidad de las aguas en la parte baja de cinco arroyos de la Serranía de la Macuira a través del índice BMWP/Col.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudio

El área de muestreo corresponde a la Serranía de la Macuira localizada en la península de la Guajira 12°10'00"N y 71°20'00"O (Figura 1). Esta serranía corresponde a un área protegida perteneciente a Parques Naturales Nacionales localizada al norte del departamento, entre la media y alta Guajira; esta serranía es un macizo montañoso considerado un oasis en medio del desierto debido a el bosque que cumple la función de regulador hídrico con una temperatura cálida de 27 °C (UAESPNN, 2011).



Figura 1. Ubicación de la zona y los sitios de muestreo, Serranía de la Macuira. Tomado y modificado de Google Earth Pro.

4.2. Toma de muestras



Figura 2. Sitio de muestreo Mekijanoü y toma de muestras por parte de la Unidad de Parques Nacionales Naturales.

Las muestras se recolectaron en junio de 2015 por funcionarios de la Unidad de Parques Nacionales Naturales, para lo cual se muestrearon cinco arroyos en diferentes sitios de la serranía, los sitios se denominaron: Mekijanoü N 12°10'19.6'' y W 71°18'05.4'', Chaamaalüü 12.190878° y -71.323906° Kanewerü 12.2°32'28'' y -71.398788°, Mmalaiüü N 12°09'59.4'' y W 71°17'15.8'' y Kajashiwoü N12°11'33.8'' y W 71°21'0.24. En cada sitio se usó una red Surber por 5 minutos, mediante la remoción del sustrato en contra corriente, además se tomaron muestras de hojarasca de manera manual (aproximadamente 500g), todas las muestras recolectadas se integraron para conformar una muestra compuesta por sitio y fueron preservadas en bolsas plásticas con etanol al 90%.

4.3 Fase de laboratorio

Las muestras obtenidas en las salidas de campo se llevaron al laboratorio de la Universidad del Magdalena en donde se limpiaron y se separaron manualmente con la ayuda de un estereoscopio CARL ZEISS Estemi 508. Los organismos se preservaron en etanol al 96% y se almacenaron en frascos plásticos debidamente rotulados. Posteriormente, los organismos se identificaron hasta nivel de género y algunos hasta nivel de subfamilia pertenecientes a la familia Chironomidae con ayuda de las claves taxonómicas de Domínguez *et al.*, 2006, Domínguez y Fernández 2009, Merritt & Cummins 1996, 2008, Ramírez, 2010, Prat *et al.*, 2014, Muñoz & Paprocki 2003, Wiggins 1996.

4.4 Fase de análisis

Análisis de similitud

Se realizó una comparación entre los sitios de muestreo mediante un análisis de conglomerados Cluster basado en una matriz de Bray Curtis (utilizando distancias eucladiana) basado en las abundancias y la riqueza de los taxones. Este análisis fue realizado en el Software PAST3.

Análisis calidad del agua

Se evaluó la calidad ecológica de los cinco arroyos a partir de la implementación del índice BMWP/Col (Roldán 2003). Este método se fundamenta en la sensibilidad o la tolerancia de las familias presentes en los cuerpos de agua a cierto grado de contaminación. Para lo cual, se realizó la asignación de los puntajes para cada una de las familias sumando los valores según el rango de tolerancia, los cuales tienen un valor numérico entre 1 y 10, donde las puntuaciones más cercanas a 10 significan valores de sensibilidad a las perturbaciones en la calidad del agua y los valores más cercanos a 1 significan mayor grado de tolerancia. Este ajuste de puntajes está basado en las características de las familias y la frecuencia con la que se encuentran en los sitios de muestreo (Sánchez, 2005).

5. RESULTADOS

Composición de insectos acuáticos en los arroyos

Durante los muestreos se recolectaron 545 individuos en total, agrupados en 25 géneros que se distribuyeron en 19 familias y 7 órdenes. Los órdenes más abundantes fueron Coleoptera (328 individuos) con 2 géneros y 2 familias; Ephemeroptera (71 individuos) con 4 géneros y 3 familias; Diptera (65 individuos) con 6 géneros y 4 familias; Odonata (32 individuos) con 6 géneros y 3 familias; Hemiptera (30 individuos) con 4 géneros distribuidos en 4 familias; Trichoptera (15 individuos) con dos géneros distribuidos en dos familias y Megaloptera (10 individuos) representados por un género y una familia (Tabla 1).

Tabla 1. Presencia de insectos acuáticos asociados a cinco arroyos intermitentes de la Serranía de la Macuira, Guajira Colombia. ND: no determinado.

Orden	Familia	Taxón	Mmalaulu	Chaamaalüü	Mekijanoü	Kaneweru	Kajashiwoii
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	x	x		x	x
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	x	x		x	x
		<i>Mecistogaster</i>	x				x
	Libellulidae	<i>Tholymis</i>					x
		<i>Brachmorhoga</i>		x			x
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>	x	x	X		
		<i>Haplohyphes</i>				x	
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>			X		
	Baetidae	<i>Mayobaetis</i>			X	x	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	x	x			
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>		x	X	x	
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Hydrophilus</i>			X	x	x
	Elmidae	<i>Heterelmis</i>			X		
Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	x	x	X	x	x
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>			X		
Diptera	Chironomidae	Chironominae	x		X		
		Orthoclaadiinae			X		
		Tanypodinae			X		
	Stratiomyidae	<i>Caloparyphus</i>		x	X		
	Simuliidae	<i>Simulium</i>			X		
	Ceratopogonidae	ND			X		

Los órdenes Trichoptera y Diptera estuvieron presentes en los cinco arroyos (Fig 3). A nivel de género *Heterelmis* (Elmidae, Coleoptera), mostró las mayores abundancias, a pesar de que solo estuvo presente en el arroyo Mekijanoü y junto con *Hydrophilus* (Hydrophilidae, Coleoptera), *Tricorythodes* (Leptohyphidae, Ephemeroptera) y *Pelocoris* (Naucoridae, Hemiptera) obtuvieron los valores de abundancia más altos, constituyendo el 69% de individuos en todo el estudio. Por su parte, *Helicopsyche* (Helicopsychidae, Trichoptera) estuvo presente en los cinco arroyos.

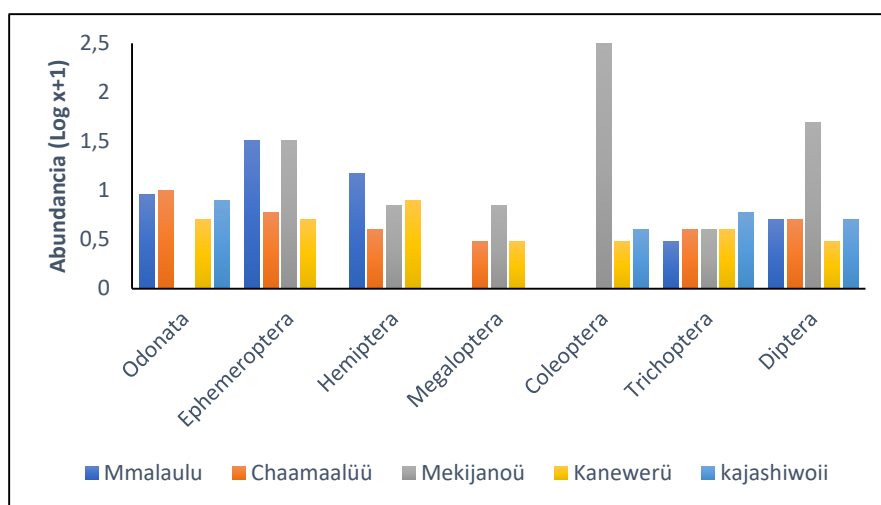


Figura 3. Abundancia de órdenes de insectos acuáticos, en los arroyos Mekijanoü, Chaamaalüü, Kanewerü, Mmalaulüü y Kajashiwoü de la Serranía de la Macuira, Guajira Colombia.

Arroyo Mekijanoü

Este arroyo presentó el mayor número de individuos (417) pertenecientes a 6 órdenes, 15 familias y 18 géneros. Coleoptera representado principalmente por *Heterelmis* (Elmidae) se encontró solo en este arroyo. El orden Ephemeroptera obtuvo una de las abundancias más altas representado por *Mayobaetis* (Baetidae), *Tricorythodes* (Leptohyphidae) y *Thraulodes* (Leptophlebiidae). El orden Diptera exhibió la mayor abundancia, encabezada por la subfamilia Chironominae (Chironomidae) y mientras que *Simulium* (Simuliidae, Diptera) presentó la menor. Los simúlidos solo se encontraron en este sitio (Fig 4).

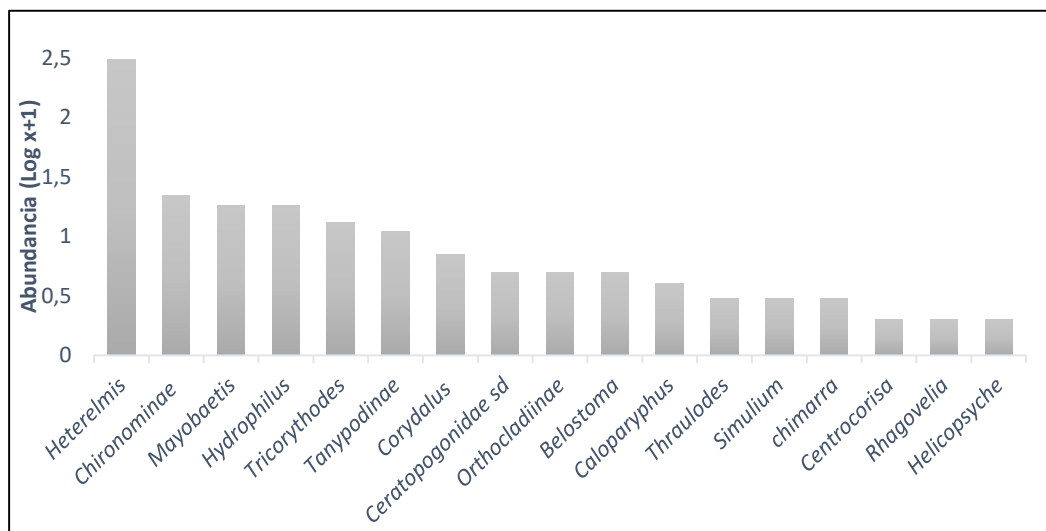


Figura 4. Abundancia de los géneros en el arroyo Mekijanoü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Arroyo Chaamaalüü

El número de géneros y la abundancia de éstos fueron baja en este sitio (15 individuos). El orden con mayor abundancia fue Odonata: *Argia* (Coenagrionidae con 4 individuos), *Progomphus* (Gomphidae con 2 individuos) y *Brechmorhoga* (Libellulidae con 3 individuos). Por su parte, *Tricorythodes* (Leptophlebiidae) fue el género con la mayor abundancia (5 individuos). Mientras que *Corydalus* (Corydalidae, Megaloptera) presentó la menor abundancia (2 individuos) (Fig 5).

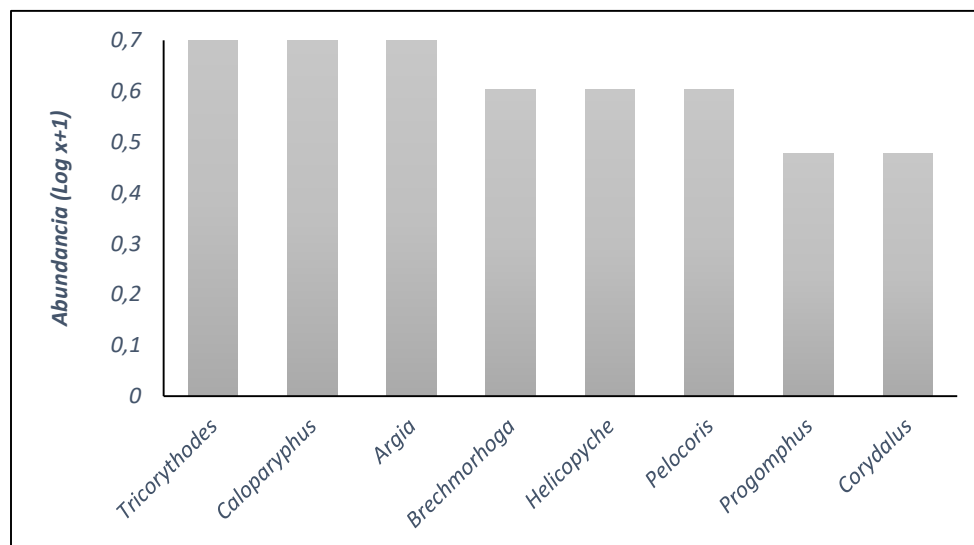


Figura 5. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Chaamaalüü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Arroyo Kanewerü

Se registró 10 géneros distribuidos en 10 familias y 7 órdenes. El género con mayor abundancia fue *Pelocoris* (Naucoridae, Hemiptera, con 7 individuos). En total este arroyo registró 24 individuos (Fig. 6). La subfamilia Chironominae (Chironomidae, Diptera) y el género *Molophilus* (Tipulidae, Diptera) presentaron las abundancias más bajas en este arroyo con (2 individuos) cada uno.

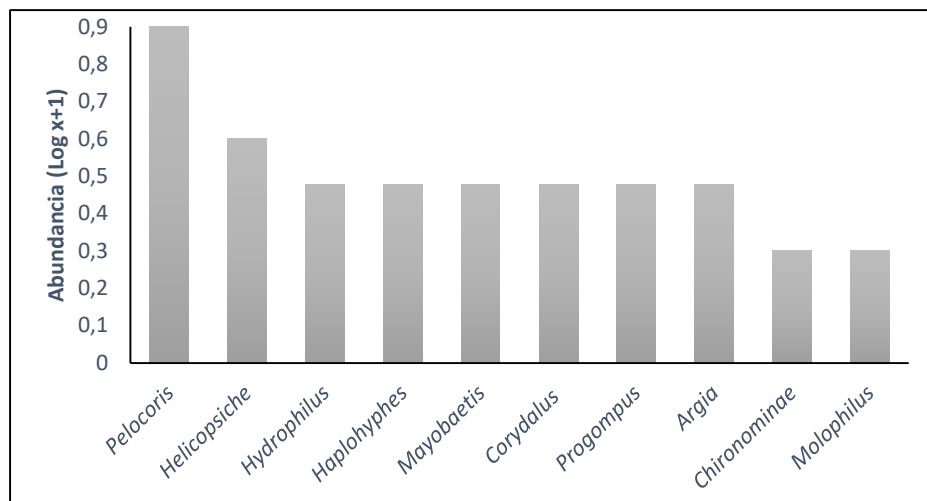


Figura 6. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Kanewerü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Arroyo Mmalaüü

Este arroyo obtuvo un total de 59 individuos distribuidos en 5 órdenes, 6 familias y 7 géneros. Los órdenes con mayor abundancia de individuos fueron *Tricorythodes* (Leptohyphidae) y *Pelocoris* (Naucoridae) (Fig 7). *Argia*, *Mecistogaster* (Coenagrionidae) y *Helicopsyche* (Helicopsychidae) presentaron las abundancias más bajas en este arroyo, 2 individuos cada uno.

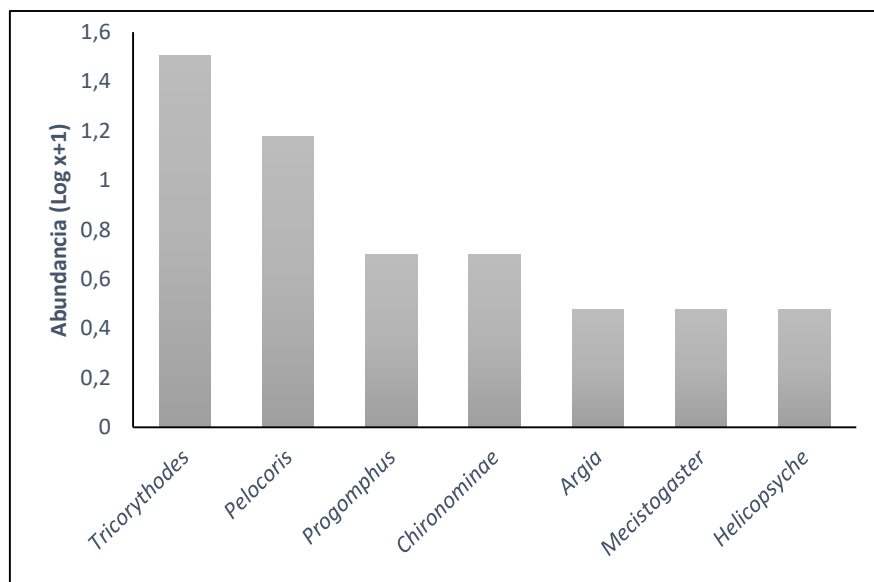


Figura 7. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Mmalaiüü, Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Arroyo Kajashiwoü

Este arroyo presentó 20 individuos en total, distribuidos en 4 órdenes, 8 familias y 10 géneros. El orden que presentó mayor número de individuos correspondió a Odonata registrando para el arroyo un total de 11 individuos distribuidos en los géneros *Progomphus* (Gomphidae con 4 individuos), *Argia* (Coenagrionidae con 4 individuos), *Mecistogaster* (Coenagrionidae con un individuo), *Tholymis* (Libellulidae con un individuo) y *Brachmorhoga* (Libellulidae con un individuo). Cabe resaltar que el mayor número de individuos a nivel de género para este arroyo fue a *Helicopsyche* (Helicopsychidae) con 5 individuos (Fig 8).

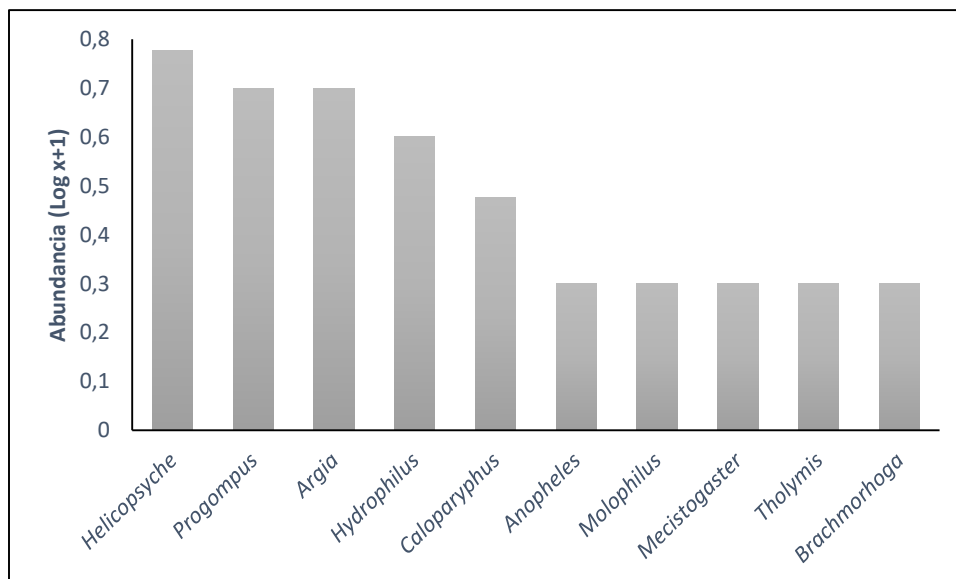


Figura 8. Abundancia de géneros presentes en el arroyo Kajashiwoü Serranía de la Macuira. La Guajira, Colombia.

Análisis de similitud

El arroyo Mekijanoü formó un grupo a parte en el Cluster con relación a los otros cuatro arroyos, demostrando que las abundancias fueron más altas en este sitio de muestreo. Mientras que la composición del ensamblaje de los arroyos Chaamaalüü, Kajashiwoü y Kanewerü fue similar entre sí en cuanto a la abundancia, evidenciando una leve separación con respecto al arroyo Mmalaüü, lo cual no representa una notable diferencia con estos tres sitios. En el Cluster basado en la riqueza, el arroyo Mekijanoü también se separó de los otros arroyos, los cuales presentan mayor similitud entre si con relación a la mayor riqueza de géneros (Fig 9).

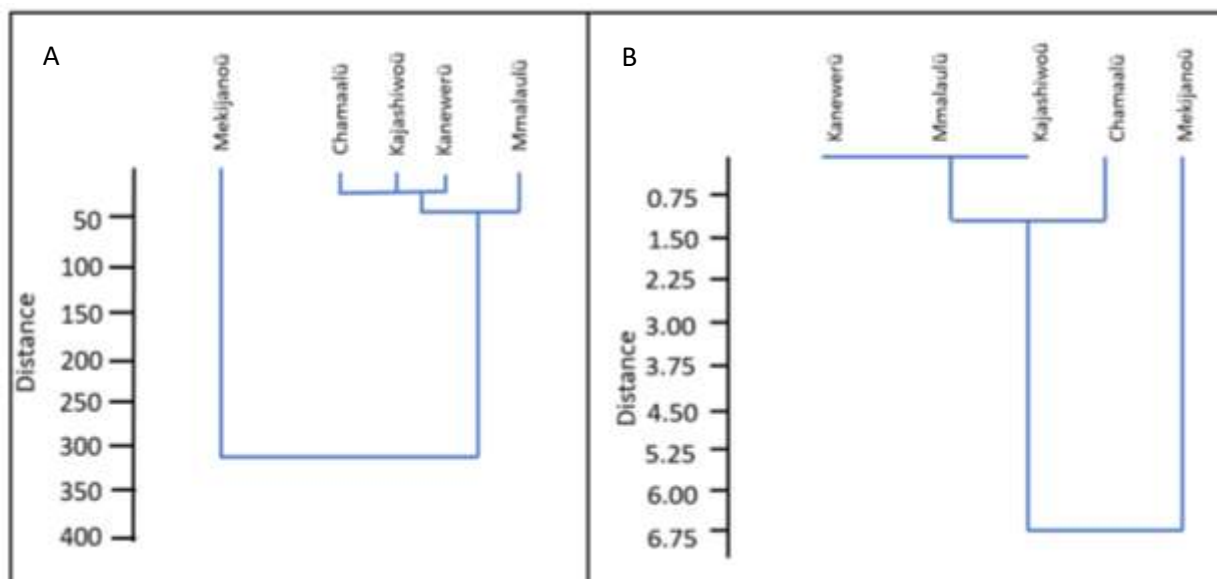


Figura 9. Análisis de conglomerados Cluster, basado en distancia euclideana de: a) la abundancia y b) la riqueza de géneros.

Aplicación del índice BMWP/ COL

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del índice BMWP/Col mostraron que el arroyo Mekijanoü obtuvo el puntaje más alto (87), correspondiente a la mejor calidad de agua, categorizada como como “Agua ligeramente contaminadas” en comparación con los otros cuatro arroyos los cuales oscilaron entre 6 a 10 familias con puntajes entre 41 a 57 con la categoría de “aguas moderadamente contaminadas” (Tabla 2).

Tabla 2. Estado de la calidad del agua utilizando el BMWP/Col en cinco arroyos de la Serranía de la Macuira.

Sitios	Mmalalüü	Chaamaalüü	Mekijanoü	Kanewerü	Kajashiwoü
Número de familias	6	8	15	10	8
BMWP/Col	41	55	87	57	43
Categoría	Clase III	Clase III	Clase II	Clase III	Clase III
Significado	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas

6. DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo permitieron confirmar la hipótesis planteada, toda vez que los ensamblajes de insectos acuáticos en los cinco arroyos en su tramo bajo de la Serranía de la Macuira fueron similares en cuanto a su composición, abundancia y riqueza. Estos resultados son consistentes con la valoración de la calidad del agua que mostraron una condición similar entre los arroyos excepto el arroyo Mekijanoü que presentó la mayor abundancia y riqueza.

De los siete ordenes encontrados en este estudio los más representativos fueron Coleoptera, Ephemeroptera y Diptera lo cual concuerda con lo reportado por Lasso y Granados-Martínez (2015) quienes señalaron que los órdenes Ephemeroptera y Diptera correspondieron a dos de los tres órdenes más representativos en los arroyos de la Serranía de la Macuira. El orden Diptera, a pesar de ser uno de los tres órdenes más representativos en este trabajo, estuvo representado principalmente por la familia Chironomidae, lo cual coincide con lo encontrado por Granados-Martínez y Lasso (2015), quienes solo registraron las subfamilias Chironominae y Tanypodinae.

El orden Odonata obtuvo valores más altos de abundancia en comparación con otros grupos de insectos, debido a que en los cuerpos de agua temporales el desarrollo de los organismos generalmente es acelerado, de tal forma que las ninfas pueden pasar de este estadio a adultos en un par de meses (Ramírez, 2010), coincidiendo con Lasso & Granados-Martínez (2015) quienes otorgan estas abundancias a las características de las zonas, abiertas y con exposición solar lo cual es aprovechado por este grupo.

El agrupamiento indica que la Serranía de la Macuira, a pesar de ser un lugar conservado, su diversidad biológica se ve afectado debido a los cambios en el flujo de agua pasando de ser arroyos con una constancia hídrica a arroyos compuestos por charcas y bateas, todo esto debido a que las interrupciones a lo largo de un cuerpo de agua pueden generar alteraciones en las comunidades presentes y cambios en la composición de las comunidades, y por ende en la diversidad (Bonada *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos en este trabajo fueron similares a los documentados por Figueroa *et al.*, (2007), quienes observaron que en el río Chillán (Perú), la mayor riqueza y abundancia se presentó en los sectores con mejores condiciones de calidad de agua, disminuyendo en la parte baja debido a los altos valores de

contaminación observados en los análisis. Olivares *et al.*, (2012) también aplicaron el índice BMWP-Cub en el río San Juan (Cuba), el cual mostró una contaminación excesiva, y por ende una disminución drástica en los valores de riqueza. Resultados similares también fue observado por Lasso y Granados-Martínez (2015) en la Serranía de la Macuira. Estos trabajos concluyen en que, en sitios categorizados con las aguas más contaminadas, coincide con la menor riqueza.

La aplicación del índice BMWP /Col mostró que cuatro de los cinco arroyos evaluados se situaron en Clase III, lo cual indica que sus aguas se clasificaron como “Aguas moderadamente contaminadas” y solo uno situado en Clase II determinando una “Agua ligeramente contaminadas”. Estos resultados coinciden con la abundancia de las familias de insectos acuáticos encontrados en el arroyo Mekijanoü, que podría ser resultado del constante flujo observado por Lasso & Granados- Martínez (2015), en comparación con los demás arroyos. Cabe resaltar que los insectos reflejan las condiciones ambientales y la calidad de estos sistemas (Montoya *et al.*, 2011), por lo que algunos autores afirman que los índices biológicos como el BMWP presentan dependencia estacional (Murphy, 1978) hecho que debería ser confirmado en este caso. El valor del índice BMWP/Col para el arroyo Mekijanoü define la calidad de este como “Aguas ligeramente contaminada”, de calidad buena y con mayor abundancia y las mejores condiciones ambientales de los cinco arroyos.

La Familia Elmidae obtuvo los más altos valores de abundancia en todo el estudio y solo estuvo presente en el arroyo Mekijanoü, cabe resaltar que según la tabla de puntuación aplicada en el BMWP/Col clasifica esta familia con un puntaje de cuatro (4) presentando un mayor rango de tolerancia. La familia Elmidae estuvo representada por individuos del género *Heterelmis*, que en su mayoría han sido considerados como bioindicadores de aguas con buena calidad (De la Lanza-Espino & Pulido, 2000; Santiago-Fragoso & Sandoval-Manrique, 2001). *Corydalus* (Corydalidae: Megaloptera) estuvo presente en tres de los cinco arroyos (Mekijanoü, Chaamaalüü, Mmalaiüü) considerado como indicador de buena calidad de agua (López-Hernández *et al.*, 2014).

Kajashiwoü y Chaamaalüü fueron clasificados por Lasso y Granados- Martínez (2015) como arroyos amenazados por la intervención antrópica, lo cual podría explicar los bajos valores de abundancia y riqueza de géneros encontrados en estos dos sitios. El arroyo Mekijanoü, se

catalogó con una menor intervención antrópica. La principal amenaza de los cuerpos de agua fue la presencia de caprinos que regularmente usan la vegetación ribereña. Es probable que las comunidades de insectos acuáticos se vean afectadas por la pérdida de la vegetación cercana a los cuerpos de agua (Alonso, 2006) y la acción física de los animales al ingresar a dichos sistemas, al usar el agua para consumo.

Nuestro estudio agrega tres nuevas familias y seis nuevos géneros complementando el estudio previo realizado por Lasso & Granados- Martínez (2015), alcanzando un total de 24 familias y 43 géneros registrados en la Serranía de la Macuira. Familia Corydalidae: Megaloptera representada por *Corydalus*, Elmidae: Coleoptera (*Heterelmis*), Vellidae: Hemiptera (*Rhagovalia*) y los géneros *Mayobaetis* (Baetidae: Ephemeroptera), *Tholymis* (Libellulidae: Odonata) y *Mecistogaster* (Coenagrionidae: Odonata) por lo cual este trabajo se convierte en un importante aporte al conocimiento de la biodiversidad de insectos acuáticos en los arroyos de la Serranía de la Macuira.

7. CONCLUSIONES

La estructura de las comunidades de insectos acuáticos fue similar en los cuatro de los cinco arroyos evaluados en la Serranía de la Macuira en los que a nivel general mostraron bajos valores de abundancia y riqueza de géneros quizás como consecuencia de la intermitencia de dichos arroyos y la intervención antrópica, factores que juegan un papel fundamental en la presencia y en la abundancia de los insectos acuáticos en los sistemas fluviales.

El índice BMWP/Col aplicado para los sitios de muestreos seleccionados en la Serranía de la Macuira catalogó las aguas del arroyo Mekijanoü como “Aguas ligeramente contaminadas”, en comparación con los otros cuatro arroyos los cuales presentaron “Aguas con una moderada contaminación”. Este índice mostró de manera preliminar, que en general estos arroyos presentan una buena calidad ecológica.

8. BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, A. (2006). Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Revista Ecosistemas*, 15(2).
- ALVAREZ-ARANGO, L. F. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- ARANGO, M. C., ÁLVAREZ, L. F., ARANGO, G. A., TORRES, O. E., & MONSALVE, A. D. J. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*, (9), 121-141.
- BARRAGÁN, M. F., TAMARIS-TURIZO, C. E., & RÚA-GARCÍA, G. A. (2017). Comunidades de insectos acuáticos de los tres flancos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Biota Colombiana*, 17(2), 47-61.
- BONADA, N., RIERADEVALL, M., & PRAT, N. (2007). Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network. *Hydrobiologia*, 589(1), 91-106.
- CAMACHO-PINZÓN D, MOLANO-RENDÓN F (2005). Clave ilustrada de especies para Gerridae (Insecta: Heteroptera) del departamento del Quindío-Colombia. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío*.
- CASTELLANOS, P. M., & SERRATO, C. (2008). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 32(122), 79-86.
- CASTELLANOS, M. L., PARDO-LOCARNO, L. C., & DORIA, A. C. C (2011). algunas características de macrofauna del suelo en la serranía de la macuira, guajira, colombia some characteristics of soil's macrofauna in Serranía of Macuira, Guajira, Colombia.
- CHARA, O. (2003). Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Cali (Colombia).

- CHARÁ-SERNA, A. M., CHARÁ, J. D., ZÚÑIGA, M. D. C., PEDRAZA, G. X., & GIRALDO, L. P. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*, 15(1).
- CHAO, A., & JOST, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.
- CHAO, A., GOTELLI, N. J., HSIEH, T. C., SANDER, E. L., MA, K. H., COLWELL, R. K., & ELLISON, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45-67.
- CHAO, A., MA, K. H., & HSIEH, T. C. (2016). User's Guide for iNEXT Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity.
- DE LA LANZA-ESPINO, G., & PULIDO, S. H. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés.
- DOMINGUEZ, E., C. MOLINERI, M. L. PESCADOR, M. D. HUBBARD, & C. NIETO. (2006). Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America, Pensoft, Sofia.
- DOMÍNGUEZ, E., & FERNÁNDEZ, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656.
- FERNÁNDEZ, H., & DOMÍNGUEZ, E. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. *Entomotropica*, 16(3), 219.
- FIGUEROA, R., PALMA, A., RUIZ, V., & NIELL, X. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista chilena de historia natural*, 80(2), 225-242.
- HANSON, P., SPRINGER, M., & RAMIREZ, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- LASSO & GRANADOS-MARTINEZ (2015). Continentales, y. p. xii. Cuencas Pericontinentales de Colombia. 292

- LÓPEZ-HERNÁNDEZ, M., RAMOS-ESPINOSA M, G., FLORES-MACÍAS A., & GONZÁLEZ-FARÍAS, F. (2014). Insectos acuáticos del río Mixtamalapa, Veracruz, composición y estructura funcional: Herramienta para evaluar la salud ambiental. *Entomología Mexicana* 1;414-419
- MERRITT, R. W., & CUMMINS, K. W. (Eds.). (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt.
- MERRITT, R. W. y CUMMINS, K. W. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt
- MONTOYA M, Y. I. M. M. Y., Acosta, Y., & Zuluaga, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasia*, 33(1), 193-210.
- MURPHY, P. M. 1978. The temporal variability in biotic indeces. *Environ Poll.* 17: 227-36.
- MUÑOZ-Q, F., & PAPROCKI, H. (2003). Claves para la identificación de las larvas de las familias neotropicales de trichoptera. *Caldasia*, 25(1), 169-192.
- OLIVARES-CALZADO, G., NARANJO-LÓPEZ, C., LÓPEZ-DEL CASTILLO, P., & MORELL-BAYARD, A. (2012). Valoración de la calidad del agua del río San Juan de Santiago de Cuba asociado a un foco de contaminación Industrial. *Ciencia en su PC*, (4).
- OROZCO, J., GALICIA, D., & MIRANDA, R. (2009). Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro: descripción de taxones y guía de identificación. *Impreso por Cemeyká. España*.
- PRAT, N., GONZÁLEZ-TRUJILLO, J. D., & OSPINA-TORRES, R. (2014). Clave para la determinación de exuvias pupales de los quironómidos (Diptera: Chironomidae) de ríos altoandinos tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 62(4).
- PÉREZ, G. R., & RESTREPO, J. J. R. (2008). Fundamentos de limnología neotropical (Vol. 15). Universidad de Antioquia, 78.
- RAMÍREZ, A. (2010). Capítulo 5: Odonata. *Revista de Biología Tropical*, 58, 97-136.

- RIANO, P., BASAGUREN, A., & POZO, J. (1993). variaciones espaciales en las comunidades de macroinvertebrados del río Agüera (país vasco-cantabria) en dos épocas con diferentes condiciones de régimen hidrológico. *Limnetica*, 9, 19-28.
- RIVERA-USME, J. J., CAMACHO-PINZÓN, D. L., & BOTERO-BOTERO, A. L. V. A. R. O. (2008). Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío-Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13(2).
- ROLDÁN PÉREZ, G A. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. *Universidad de Antioquia, Fondo FEN, Medellín*.
- ROLDÁN PÉREZ, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col (No. 333.91 R744b). Medellín, CO: Edit. Universidad de Antioquia.
- SÁNCHEZ HERRERA, M. J. (2005). El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3(2).
- SANTIAGO-FRAGOSO, S., & SANDOVAL-MANRIQUE, J. C. (2001). Coleópteros acuáticos y su relación con la dinámica fisicoquímica del río Cuautla (tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México. *Hidrobiológica*, 11(1), 19-29.
- UAESPNN. Parque Nacional Natural Macuira. Plan de manejo 2011. Unidad Administrativa Especial de Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia; 2007. 37 pp.
- YULE CM. (1996). Trophic relationships and food webs of the benthic invertebrate fauna of two aseasonal tropical streams in Bougainville Island, Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 517-534.
- WIGGINS, G. B. (1996). Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera). University of Toronto Press.
- ZÚÑIGA, M., STARK, B. P., POSSO, C. E., & GARZÓN, E. (2013). Especies de Anacroneuria (Insecta: Plecoptera: Perlidae) de Colombia, depositadas en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). *Biota Colombiana*, 14(Supl.).

ZÚÑIGA, M., CARDONA, W., MOLINERI, C., MENDIVIL, J., CULTID, C., CHARÁ, A. M., & GIRALDO, A. (2014). Entomofauna acuática del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano, con énfasis en Ephemeroptera y Plecoptera. *Revista de Biología Tropical*, 62(1).